محمد موسوی بایگی
غلامحسین مروج
اعظم سیگارودی
دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی

بررسی غلظت یونهای اسیدی در بارانهای پاییزه و بهاره و برآورد میزان نهشت اسیدی در ناحیهٔ مشهد

چکیده

یکی از مسائل حادّی که جوامع شهری در دهه‌های اخیر از آن رنج می‌برند، باران اسیدی است که نتیجهٔ ورود بیش از حد برخی از گازهای آلاینده به درون هوای این مناطق است. مشهد به عنوان بزرگترین شهر مذهبی ایران نیز از این مشکل دور نمانده است. نمونه‌های بارندگی پاییز ۱۳۸۲ و بهار ۱۳۸۳ شهر مشهد در این مقاله مورد تجزیهٔ شیمیایی قرار گرفت. نتایج مؤید وجود تعداد زیاد چشمه‌های آلاینده بود که باعث غلظت بالاتر از حد معمول یونهای SO_4^{-2}، NO_2^-، NO_3^- و NH_3^- در باران گردید. با توجه به غلظت این یونها و میزان بارندگی متوسط سالانه در مشهد میزان نهشت اسیدی محاسبه و با مقدار آن در منطقه ولز در انگلستان مقایسه گردید. نتایج نشان داد که نهشت آلاینده‌ها در مشهد بسیار بالا بوده و لذا توجه بیشتر به امور زیست محیطی این شهر مورد تأکید قرار می‌گیرد.

درآمد:

امروزه بحث آلودگی هوا تقریباً یک بحث عمومی است و تمامی اقشار جامعه به نوعی از آن صحبت می‌کنند ویا در فرایندهای کاری خود با آن درگیرند. از نظر علمی به شرایطی از وضع هوا که درآن غلظت مواد موجود در هوا بیش از حد متعارف باشد و روی انسان، حیوان، گیاه و یا اشیاء محیط تأثیر قابل توجهی داشته باشد، هوای آلوده یا آلودگی هوا گفته می‌شود(پارکر، ۱۹۸۴). این مواد ممکن است به صورت گاز، قطرات مایع، ذرات جامد و یا خوشه‌های یونی در هوا وجود داشته باشند (تونی دور، ۱۹۹۹).

غلظت آلاینده‌هایی که به طور مستقیم وارد جو می‌شوند (آلاینده‌های اولیه) و موادّی که از آنها شکل می‌گیرند (آلاینده‌های ثانویه) تابعی از شرایط جوّی و فرایندهایی است که در هنگام عبور سیستم‌های جوّی اتفاق می‌افتد(بلاس، ۱۹۹۸). مهمترین آلاینده‌های موضوع بحث در پژوهش حاضر عبارت‌اند از: SO_2، NO، NO_2 و NH_3 که در جریان فرایندهای جوّی به یونهای سولفات، نیترات و آمونیم تبدیل شده و باعث اسیدی شدن باران می‌شوند. چشمه‌های تولید این آلاینده‌ها و واکنشهای انجام شده در جو به اختصار بیان می‌گردد.

چشمهٔ اصلی دی اکسید سولفور(SO_2) در جو، فعالیّتهای انسانی، فعالیت آتش فشانها و مصرف سوخت‌های فسیلی است. راه دیگر انتقال دی اکسید سولفور به جو محصولات ثانویه‌ای است که حاصل انتشار طبیعی دی متیل سولفید (DMS)، H_2S، CS_2 و COS به درون جو است (راجر، ۱۹۹۷). دی اکسید سولفور پس از رها شدن در جو، یا در اثر گرانش مستقیماً و یا در اثر ترکیب با رطوبت جوّی به صورت باران اسیدی به سطح زمین باز می‌گردد.

مهمترین اکسیدهای آلاینده نیتروژن، اکسید نیتریت (NO) و دی اکسید نیتروژن (NO_2) هستند که با اکسیدهای نیتروژن (NO_X) بیان می‌شوند. منبع اصلی NO_X ها در جو، فعالیتهای انسانی و احتراق سوختهای فسیلی از قبیل مشتقات نفتی، ذغال سنگ، گاز و سوخت هواپیماها، فعالیت باکتریها در خاک، رعد و برق، آتش سوزی جنگل‌ها، اکسیداسیون NH_3، شارشهای استراتوسفری حاصل از اندرکنش $O^1(D)$ با NO_2 و فعالیتهای خورشیدی است (راجر، ۱۹۹۰).

تقریباً در تمامی دنیا، چشمه اصلی آمونیاک (NH_3) موجود در جو، مزارع حیوانی است مگر این‌که در شرایط خاص چشمه‌های محلی در این مورد نقشی را ایفا کنند که خیلی نمی‌تواند قابل توجه باشد. آمونیاک پس از حل شدن در رطوبت جو به یون آمونیم تبدیل شده و موجب اسیدی شدن باران می‌شود (کارادرز و چولارتون، ۱۹۸۴).

باران اسیدی و نهشت مرطوب[1]

برای تشکیل ابر و بارندگی لازم است که هوای مرطوب سرد شود. این عمل باید در حضور ذرّات جامد ریزی به نام هواویز یا آئروسل صورت گیرد. آزمایش نشان داده است که در هوای کاملاً تمیز، اگر رطوبت

1.Acid rain and Wet deposition

نسبی حتی تا چهار صد در صد بالا برود، قطرات آب شکل نمی گیرند.(مک کلوین، ۱۹۹۵) درحالی که در یک هوای معمولی که تعداد هواویزها در واحد حجم به اندازهٔ قابل قبولی وجود دارد، اگر رطوبت نسبی از صد درصد نیز کمتر باشد، قطرکهای ابر شکل می گیرند؛ بنابراین برای تشکیل ابر وجود هواویزها ضروری‌اند. هواویزها ممکن است به صورت خوشه‌هایی از یون، ذرات گرد و غبار، خاکستر و یا سایر مواد طبیعی و یا غیرطبیعی باشند. از جمله موادّی که به صورت طبیعی وارد جو می‌شوند می توان از Na^+، Cl^- و Mg^{2+} نام برد. منشأ موادّی که به صورت مصنوعی یا غیر طبیعی در جو وارد می‌شوند معمولاً ناشی از سوخت مواد فسیلی درنیروگاه‌های برق و خودروها بوده که از آن جمله می توان یونهای SO_2 و NO_3^- را نام برد. البته بخشی از SO_2 موجود در جو نتیجهٔ تبخیر آب دریاها و اقیانوسها ست. این مواد در آب اقیانوسها به صورت محلول وجود دارد و تبخیر آب باعث رها شدن این گازها به داخل جو می‌شود (گزارش چهارم گروه بارانهای اسیدی انگلستان، ۱۹۹۷). ابرهایی که حامل این یونها هستند، اسیدی بوده و بارانهایی که از این ابرها می‌بارند با عنوان باران اسیدی[۲] شناخته می‌شوند.

اولین بار رابرت انگوس- اسمیت واژه باران اسیدی را به کار برد. وی در سال ۱۸۵۲ در مراسمی که در دانشکده ادبیات و علوم اجتماعی منچستر برگزار گردید، هنگام سخنرانی در مورد بارانهایی که در دوران انقلاب صنعتی در منچستر باریده بود، از واژهٔ باران اسیدی استفاده نمود (تونی دور، ۱۹۹۰). اسمیت فعّالیتهای کارخانه‌ای و استفاده از سوخت ذغال سنگ را عامل اصلی ورود مقدار متنابهی اسید کلریدریک به داخل جو و اسیدی شدن باران دانست.

قدرت اسیدی مواد محلول در آب، معمولاً بر حسب PH (لگاریتم منفی غلظت یونهای هیدروژن) اندازه گیری می‌شود. بر این اساس اگر PH محلول کمتر از ۷/۰ باشد، محلول اسیدی و اگر بزرگتر از ۷/۰ باشد به آن قلیایی گفته می‌شود. معمولاً PH بارانهای غیر اسیدی بین ۵/۰ و ۵/۶ است؛ یعنی بارانهای معمولی به خودی خود کمی اسیدی هستند، دلیل آن حل شدن CO_2 موجود در جو در آب باران و تولید اسید کربنیک است. با ورود SO_2 و NO_3 به داخل جو و حل شدن آن در آب باران اسید سولفوریک و اسید نیتریک حاصل می‌شود و قدرت اسیدی باران افزایش می‌یابد. البته گاهی اوقات بخشی از این اسیدها در حضور قلیاهایی مانند Mg^{2+} و Ca^{2+} که تمایل به افزایش PH را دارند خنثی می‌شوند.

2 . Acid rain

در حقیقت بارانها وقتی اسیدی تلقی می‌شوند که PH آن‌ها از ۵/۶ کمتر باشد و چنانچه مقدار PH از ۴/۶ کمتر شود باران اسیدی به شدّت خطرناک خواهد بود. با ریزش باران اسیدی روی زمین از آنجا که خاکها معمولاً قلیایی هستند، بخشی از اسید موجود در باران خنثی می‌شو د و به این ترتیب کمی از قدرت تخریب اسیدی آن کاسته خواهد شد. اما در مناطقی که خاکها قلیایی نبوده و یا ضخامت لایه قلیایی خاک کم باشد، در نتیجه ریزش باران اسیدی، خاک خاصیت خود را از دست می‌دهد و گیاهان در چنین خاکی قادر به ادامه حیات نخواهند بود. همچنین رواناب موجود در چنین مناطقی از قدرت اسیدی بالایی برخوردار بوده و با ورود به تالابها و دریاچه‌ها ممکن است حیات موجودات آبزی را به خطر بیاندازد. بارانهای اسیدی قبل از آن که به سطح زمین برسند از قدرت تخریبی زیادی برخوردار بوده و می‌توانند به مناطق با پو شش گیاهی مانند جنگل‌ها و مزارع خسارات زیادی وارد نماید. در مناطق شهری نیز گاهی تأثیر بارانهای اسیدی بر نمای ساختمانها و سایر مواد قابل توجه است.

با در دست داشتن مقدار متوسط غلظت یونهای مختلف در بارندگیها و نیز میانگین بارندگی سالانه می‌توان با استفاده از رابطهٔ زیر مقدار نهشت اسیدی مرطوب را محاسبه نمود.

$$D_M\ (g\ M\ m^{-2}) = [M]\ (mg\ l^{-1}) \times Rainfall\ (mm) \times 10^{-3}$$

در این رابطه D_M مقدار نهشت یون مورد نظر و [M] غلظت آن یون است. مثلا اگر غلظت اسید سولفوریک در طول سال ۸/۰ میلی گرم در لیتر و بارندگی سالانه ۴۰۰ میلی متر باشد، مقدار نهشت مرطوب اسید سولفوریک برابر خواهد بود با:

$$D_{SO4}\ (g\ M\ m^{-2}) = [۸/۰۰]\ (mg\ l^{-1}) \times ۴۰۰\ (mm) \times ۱۰^{-۳} = ۳/۲\ gm^{-2} = ۳۲/۰\ kg\ ha^{-1}$$

نهشت خشک[3]

در فرایند نهشت خشک ذرات آلاینده اسیدی کننده مانند $SO_۲$ و NO_xها، به‌طور مستقیم و تحت تأثیر نیروی گرانش بر سطح زمین فرود می‌آیند. در این حالت اگر سطح مرطوب باشد، فرآیند تشکیل اسید مانند ردون ابر انجام شده و اسید شکل می‌گیرد. نقش نهشت خشک بیشتر در مورد ساختمانها و سایر وسایل در مناطق شهری اهمیت دارد. دی اکسید سولفور می‌تواند در حضور رطوبت جوّی با آهک موجود در ساختمانها

3. Dry deposition

ترکیب شده و سولفات کلسیم تولید نماید. این نوع سولفات پس از حل شدن در آب می‌تواند موجبات آسیب به بناها، پیکره‌های مرمری، نقاشیها و افت کیفیت منسوجات، وسایل چرمی و کاغذی را فراهم کند (هیل و چولارتون، ۱۹۸۷).

اهداف

از آنجا که شهر مشهد یکی از آلوده ترین شهرهای کشور به حساب می‌آید و معمولاً چشمه‌های آلودگی در این شهر معمولاً چشمه‌های مصنوعی است، به منظور برآورد غلظت آلاینده‌های اسیدی کننده بارانهای پاییزه و بهاره شهر مشهد این پژوهش صورت گرفته است. هدف دیگر این تحقیق محاسبهٔ مقدار نهشت اسیدی حاصل از بارانهای اسیدی بوده است که می‌تواند شاخص خوبی برای برنامه ریزان محیط زیست باشد. در پایان، نتایج حاصل از این تحقیق با نتایج تحقیق مشابهی که در یکی از آلوده ترین نقاط اروپا از این نظر، یعنی منطقه شمالی ولز در بریتانیا به عمل در آمده است، مقایسه گردید تا وضعیت و میزان آلودگی مشهد در مقایسه با یک شاخص معلوم مشخص شود.

مواد و روشها

پنج نقطه در سطح شهر مشهد انتخاب و باران سنج‌های تجمّعی خاصی دراین نقاط نصب گردید. این نقاط که با عنوان ایستگاههای ۱ تا ۵ نامگذاری شدند، طوری انتخاب شدند که حتی الامکان در سطح شهر گسترده بوده و در نزدیکی نقاطی با شرایط ویژه قرار نداشته باشند. یعنی سعی شده است که ایستگاهها در مناطقی که معرّف شرایط عمومی شهر باشد، نصب گردند.

در دوره‌های سه ماههٔ پاییز سال ۱۳۸۲ و بهار سال ۱۳۸۳ از بارانهای مختلف نمونه برداری گردید. از بین نمونه‌های جمع آوری شده آنهایی که دارای ویژگیهای خاص بودند، برای بررسیهای بعدی انتخاب گردیدند. این ویژگیها عبارت بودند از : الف) مدت بارندگی کمتر از ۶ ساعت و بیشتر از ۲۴ ساعت نباشد. ب) حد اقل ۲۴ ساعت قبل از بارندگی، بارندگی دیگری وجود نداشته است. پ) در قبل و یا در حین بارندگی، توفان و گرد وخاک غیر طبیعی وجود نداشته است. ت) بارندگی فقط به صورت باران بوده و سایر انواع بارندگی وجود نداشته است.

بارندگی‌های کمتر از ۶ ساعت از حجم قابل توجهی برخوردار نبوده و نمونه‌های برداشتی قابلیت تجزیهٔ شیمیایی را نداشته اند. نمونه‌هایی که مدّت بارندگی آنها بیش از ۲۴ ساعت بوده، اگرچه تعدادشان اندک بوده است ولی چون بیم آن می‌رفت که به لحاظ غلظت کم نتواند معرّف شرایط عمومی وضع هوا باشند، حذف گردیدند.

نمونه‌های باران جمع آوری شده، پس از انتقال به ظروف پلاستیکی مخصوص و کاملاً تمیز تا هنگام تجزیهٔ شیمیایی در یخچال نگهداری شدند. پس از هر بارندگی نمونه‌های به دست‌آمده از هر ایستگاه به تفکیک در آزمایشگاه مورد تجزیهٔ شیمیایی قرار گرفته و غلظت یونهای مختلف و PH آنها تعیین گردید.جداول شماره ۱ و ۲ این مقادیر را در دو فصل پاییز و بهار نشان می‌دهد.

جدول (۱) میانگین غلظت یونهای مختلف در هر ایستگاه و در کل شهر مشهد بر حسب (mg/l) در طول فصل پاییز

ایستگاه	NO_2-N	NO_2	NO_3-N	NO_3	NH_4-N	NH_4	SO_4-S	SO_4	pH
۱	۰/۱۵	۰/۴۹	۰/۲	۰/۸۸	۰/۲۹	۰/۳۷	۳/۴۵	۹/۱۳۵	۴/۸
۲	۰/۱۶	۰/۵۳	۰/۲۱	۰/۹۴	۰/۱۶۸	۰/۲۱	۲/۵۳۵	۷/۶۰۵	۴/۸
۳	۰/۱۴	۰/۴۶	۰/۱۳	۰/۵۸	۰/۱۸۵	۰/۲۴	۲/۵۸۵	۷/۷۵۵	۴/۰۴
۴	۰/۱۷	۰/۵۴	۰/۲۲	۰/۹۷	۰/۳۰	۰/۳۹	۴/۶۷۴	۱۴/۰۲	۵/۳۲
۵	۰/۱۵	۰/۴۸	۰/۱۹۳	۰/۸۵	۰/۱۹	۰/۲۵	۱/۶۷۰	۵/۰۱	۵/۱۴
متوسط شهرمشهد	۰/۱۵	۰/۵۰	۰/۱۹۸	۰/۴۶	۰/۲۲۸	۰/۲۹	۲/۹	۸/۷	۴/۸۲

نتایج و بحث

میانگین غلظت یونهای مختلف و PH باران در هر ایستگاه و میانگین آنها در کل شهر مشهد در فصلهای پاییز و بهار در جداول ۱ و ۲ ارائه شده است.

نتایج نشان داد که غلظت یونهای اسیدی در ده مورد بارندگی شهر مشهد بالا بوده و PH این بارندگیها نیز عملاً از ۵/۶ یعنی آستانه PH در بارانهای معمولی کمتر است. به عبارتی دیگر بارانهای شهر مشهد با خصوصیات بالا مقداری اسیدی هستند. تفاوت در مقدار PH در بارنهای مختلف در ارتباط با میزان آلاینده‌ها

در جو می‌باشد. وقتی که زمان دو بارندگی نسبت به هم نزدیک است، معمولاً بارندگی اولی آلوده تر و بارندگی دوم کمی تمیزتر است. در چنین شرایطی بارندگی اول باعث شستشوی جو شده و آلاینده‌ها را در حد وسیعی از جو می‌زداید. در مقایسهٔ مقاطع مختلفی از یک بارندگی مشاهده گردیده که در اوایل بارندگی PH قطرات آب باران کمتر از مقدار آن در لحظات پایانی بارندگی است، به عبارت دیگر بارندگیها در ابتدا اسیدی تر هستند.

جدول (۲) میانگین غلظت یونهای مختلف در هر ایستگاه و در کل شهر مشهد بر حسب (mg/l) در طول فصل بهار

ایستگاه	NO_2-N	NO_2	NO_3-N	NO_3	NH_4-N	NH_4	SO_4-S	SO_4	PH
۱	۰/۰۷۵	۰/۲۵	۰/۱۲۶	۰/۵۵۸	۰/۱۷۲	۰/۲۲	۲/۰۷	۶/۲۱	۵/۶
۲	۰/۱۸۲	۰/۶۰	۰/۲۴۶	۱/۰۸	۰/۱۶	۰/۲۱	۳/۵۰	۹/۱۵	۴/۸
۳	۰/۲۵	۰/۸۲	۰/۱۱۴	۰/۵۰۴	۰/۱۴۳	۰/۱۸	۳/۰۳	۹/۰۹	۴/۸
۴	۰/۳۶	۰/۱۲	۰/۴۸۰	۰/۲۱۲	۰/۱۰	۰/۱۳	۱/۰	۳/۰	۵/۲
۵	۰/۱۸	۰/۵۸	۰/۳۸۲	۱/۶۹	۰/۱۳۷	۰/۱۷۶	۵/۲۵	۱۵/۸۱	۴/۹۵
متوسط شهر مشهد	۰/۱۴	۰/۴۷	۰/۱۸۲	۰/۸۰	۰/۱۴۲	۰/۱۸	۲/۸۸	۸/۶۵	۵/۱

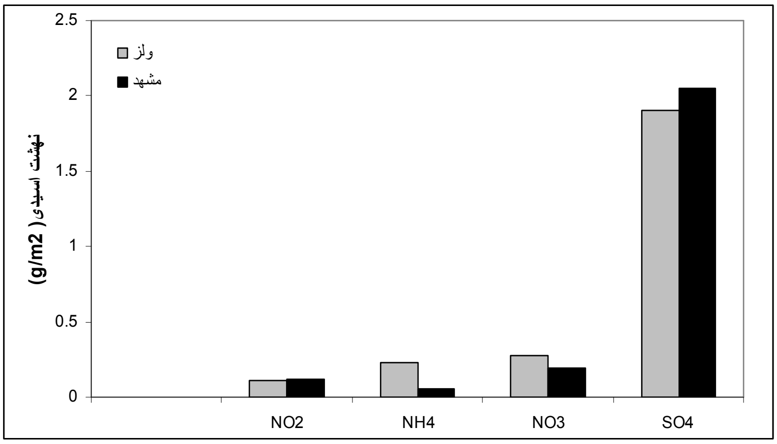
جدول شماره (۳) مقدار متوسط نهشت اسیدی مرطوب یونهای مختلف

	NO_2	NH_4	NO_3	SO4
غلظت پاییز	۰/۴۹۹	۰/۲۹۳	۰/۸۴۶	۸/۷۰۵
غلظت بهار	۰/۴۷۲	۰/۱۸۳	۰/۸۱۰	۸/۶۵
متوسط غلظت	۰/۴۸۶	۰/۲۳۸	۰/۸۲۸	۸/۶۷۶
مقدار نهشت (Kg/ha)	۱/۱۵	۰/۵۶	۱/۹۶	۲۰/۵۶

مقدار متوسط بارندگی سالانه در سالهای اخیر در حدود ۲۳۷ میلی متر در سال است (سازمان آب منطقه‌ای خراسان، ۱۳۸۲). با توجه به متوسط بارندگی و غلظت یونهای موجود در نمونه‌های باران مقدار نهشت یونهای مختلف در اثر ریزشهای جوّی (نهشت مرطوب) محاسبه گردید. جدول شماره ۳ مقدار متوسط نهشت اسیدی

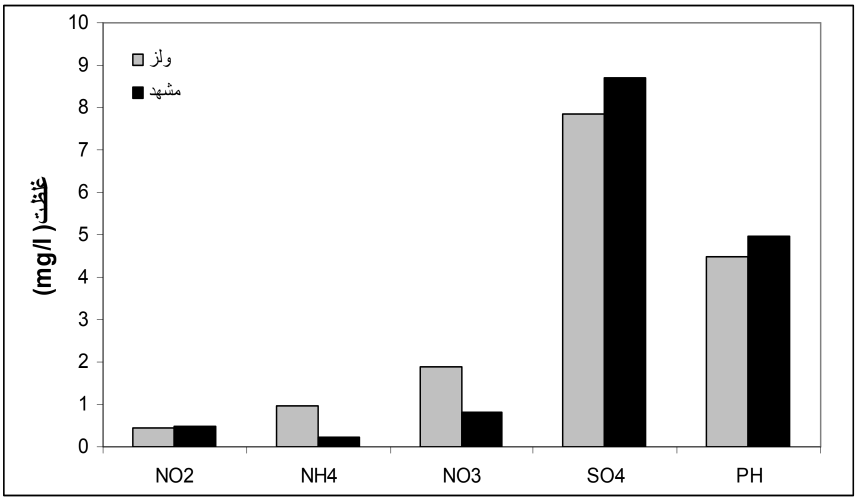
مرطوب یونهای مختلف را نشان می‌دهد. به طور متوسط در هر سال، صرفاً از طریق بارندگی مقدار ۲۰/۵ کیلوگرم اسید سولفوریک بر هر هکتار از سطح شهر مشهد فرود می‌آید که مقدار قابل توجهی است. نهشت اسیدی ناشی از بارش باران، به طور متوسط مقدار ۲۴/۲۳ کیلو گرم اسید را بر هر هکتار از مساحت شهر مشهد فرود می‌آورد. اگر به این مسأله توجه کنیم که اگر باران به صورت برف باشد، از آنجا که ضریب شستشوی مرطوب برف به مراتب از باران بیشتر است، مقدار بیشتری اسید را با خود به سطح زمین می‌آورد، آنگاه متوجه می‌شویم که در طول سال چه حجمی از اسیدهای مخرّب بر دشت مشهد می‌بارد. همچنین باید به این مطلب نیز توجه داشته باشیم که مقدار زیادی اسید نیز به صورت خشک بر زمین فرود می‌آید.

با توجه به این که متأسفانه در ایران برآورد درستی از نهشت اسیدی در نقاط مختلف وجود ندارد و یا بهتر بگوییم در این زمینه اصلاً کاری صورت نگرفته است، بهاجبار مقدار نهشت اسیدی مرطوب را با نتایج مشابهی که در منطقهٔ[4] در ولز بریتانیا صورت گرفته‌است، مقایسه می‌کنیم . این منطقه در جنوب غربی انگلستان واقع شده است و شدّت بارانهای اسیدی در این منطقه به اندازه‌ای است که میزان اسید فرودی بر آن تنها در اثر نهشت اسیدی مرطوب از آستانهٔ بحرانی آن به شدت فراتر رفته است (موسوی، ۲۰۰۱) دلیل آن وجود مزارع حیوانی بسیار در این ناحیه است که می‌تواند منبع تولید یونهای مختلف باشد. نمودار شماره ۱و۲ به ترتیب غلظت یونهای مختلف و مقدار نهشت اسیدی متوسط سالانه را در مشهد و منطقهٔ ولز نشان می‌دهد.



نمودار ۱ . مقایسهٔ میانگین غلظت یونها و مقدار pH در مشهد و منطقه ولز بریتانیا

4 . Snowdonia



نمودار ۲. مقایسه میانگین نهشت اسیدی در مشهد و منطقه ولز بریتانیا

نتایج نشان داد که آلودگی یونی بارانهای شهر مشهد، تقریباً شبیه آلودگی یونی منطقهٔ ولـز اسـت. حتـی در مورد اسید سولفوریک این آلودگی بیش از مقدار آن در ولز می باشد. با توجه به این که آلودگی منطقهٔ ولـز از حدّ بحرانی آن بیشتر است، به نظر می رسد که آلودگی یونی در شهر مشهد نیز بسیار بالاتر از حـدود اسـتاندارد باشد. متأسفانه تا کنون در مشهد حدّ آستانهای برای پذیرش اسید در واحد سطح تعریف نشده و دقیقاً نمی‌توانیم در مورد اثرات مخرّب نهشت اسید بر آب، خاک، گیاهـان و سـاختمانها و میـزان خطرنـاک بـودن آن سـخنی بگوییم ولی نبود اطلاعات دلیلی بر سهل انگاری نیـست و نهـادهـای مـسؤول اعـمّ از شـهرداری و یـا سـازمان حفاظت محیط زیست بایستی در این مورد چاره اندیشی کنند.

قدردانی و سپاس

نویسندگان مقاله از دانشکده کشاورزی و معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد به خاطر فـراهم نمـودن امکانات لازم برای انجام این تحقیق تشکر می‌نمایند.

فهرست منابع و مآخذ

۱- سازمان آب منطقه‌ای خراسان، ۱۳۸۲، *گزارش مربوط به وضعیت نزولات جوّی در استان خراسان*

2- Blas. M. Dore, A.J and Sobik, M, 1998, *Distribution of precipitation and wet deposition around an island mountain in South-west Poland*. *Q.J.R. Met. Soc.*, 125, 253-270

3- Carruthers, D.J. and Choularton, T.W, 1984, *Acid deposition in rain over hills*. *Atmos. Environ.* 18, 1905-1908

4- Dore A.J, 1990, Ph.D. Thesis, *University of Manchester Institute of Science and Technology*

5- Dore, A.J, Sobik, M And Migala, K, 1999, *Pattern of precipitaion and pollutaion in thewestern Sudete mountains*, Poland. *Atmospheric Environment*, 33, 3301-3312

6- Hill, F.F., Choulartin, T.W, K.A. and Penkett, S.A, 1986, *A model of sulphate deposition in a cap cloud and subsequent turbulent deposition onto the hill surface*, *Atmos.Env.,* 20, 1763-1771

7- Jeremy Colls, 2002, *Air pollution*, Spon Press

8- Mousavi-Baygi, Mohammad, 2001, Ph.D Thesis, *University os Manchester , institute of science and technology*

9- Parker C. Reist, 1984, *introduction to aerosol science* , Macmillan publishing company

10- Review Group on Acid Rain 1997 *Acid Deposition in the United Kingdom* fourth Report 1992-1994

11- Rogers, R.R, 1996, *A Short Course in Cloud Physics*, Pergamon Press